

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-101814

(43) 公開日 平成9年(1997)4月15日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 19/416			G 0 5 B 19/407	Q
B 2 3 K 26/00			B 2 3 K 26/00	M

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-259862

(22) 出願日 平成7年(1995)10月6日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 森 敦

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72) 発明者 中田 嘉教

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

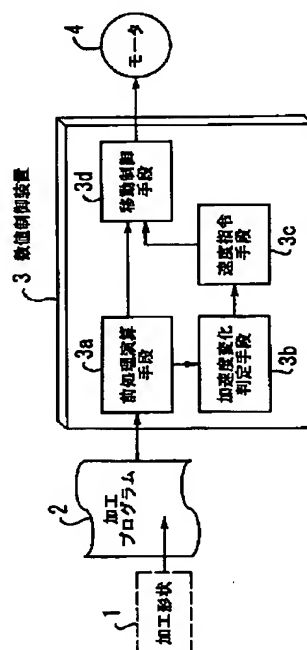
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

(54) 【発明の名称】 数値制御装置及び自動プログラミング装置

(57) 【要約】

【課題】 加速度の変化を抑えた加工を行うことができるようにする。

【解決手段】 前処理演算手段3aは、加工プログラム2を解読する。加速度変化判定手段3bは、予め加速度変化のしきい値が設定されており、各ブロックの継ぎ目の点における加速度の変化量が、しきい値を超えているか否かを判定する。速度指令手段3cは、加速度の変化量がしきい値を超えていた場合には、ブロックの継ぎ目の点における指令速度を低下させる。移動制御手段3dは、加速度の変化量がしきい値を超えた点の速度が、速度指令手段3cからの指令速度となるように各移動軸への補間パルスを出力する。この補間パルスにより、サーボモータ4の回転が制御される。これにより、加工プログラムの指令では加速度の変化が大きくなる場所において、移動速度が減速される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工プログラムに従って工作機械を制御する数値制御装置において、加工形状を指令する加工プログラムを解釈する前処理演算手段と、工具経路の加速度を演算し、加速度の時間変化が予め設定されている値以上となる加速度変化点の有無を判定する加速度変化判定手段と、前記加速度変化点が発見された際には、前記加速度変化点における移動速度を減速させる速度指令手段と、前記速度指令手段の指令する速度で工具の移動を制御する移動制御手段と、を有することを特徴とする数値制御装置。

【請求項2】 前記加速度変化判定手段は、工具経路の指令単位の継ぎ目において加速度の時間変化を判定することを特徴とする請求項1記載の数値制御装置。

【請求項3】 前記移動制御手段は、工具経路を教示することにより前記加工プログラムが作成されており、教示の際に、加速度変化点における移動速度の減速を行う旨の指令がなされていた場合にのみ、前記加速度変化点における移動速度を減速を行うことを特徴とする請求項1記載の数値制御装置。

【請求項4】 前記速度指令手段は、隣接する工具経路の指令単位が接するように構成されている場合には、減速前の速度、減速に使用する加速度、及び経路の曲率から減速時の目標速度を算出することを特徴とする請求項1記載の数値制御装置。

【請求項5】 数値制御装置に実行させるべき加工プログラムを作成する自動プログラミング装置において、加工形状を示すデータから加工経路を生成する加工経路生成手段と、

前記加工経路から加速度を演算し、加速度の時間変化が予め設定されている値以上となる加速度変化点の有無を判定する加速度変化判定手段と、

前記加速度変化点が発見された際には、前記加速度変化点における移動速度の指令データを、遅い速度に変更する速度指令データ変更手段と、

前記加速度変化点の速度が、前記速度指令データ変更手段の指令する速度になるように速度データを設定し、加工プログラムを作成する加工プログラム作成手段と、を有することを特徴とする自動プログラミング装置。

【請求項6】 前記加速度変化判定手段は、工具経路の指令単位の継ぎ目において、加速度の時間変化を判定することを特徴とする請求項5記載の自動プログラミング装置。

【請求項7】 前記加工プログラム作成手段は、加速度変化点における移動速度の減速を行う旨の指令がなされている場合にのみ、前記加速度変化点の速度が、前記速度指令データ変更手段の指令する速度になるように速度データを設定することを特徴とする請求項5記載の自動

プログラミング装置。

【請求項8】 前記速度指令データ変更手段は、隣接する工具経路の指令単位が接するように構成されている場合には、減速前の速度、減速に使用する加速度、及び経路の曲率から減速時の目標速度を算出することを特徴とする請求項5記載の自動プログラミング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は加工プログラムに従って工作機械を制御する数値制御装置及び加工プログラムを作成する自動プログラミング装置に関し、特に高速の加工を行う工作機械を制御する数値制御装置及び高速加工のための加工プログラムを作成する自動プログラミング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】高速に駆動される工作機械においては、工具経路の精度を保つために種々の技術が開発されている。その中で、加速度の大きさを抑えるために移動速度を減速する技術がある。

【0003】工作機械の工具が高速に移動する場合には、その経路が急激に変化する場所において、機械を駆動する動力装置に大きな出力、つまり力が要求される。動力装置に大きな力が加わると機械に衝撃が与えられ、その結果として目的とする加工形状に誤差を生じる。このため、経路が急激に変化したり、小さな円弧となる場合は、軸ごとの速度変化が一定レベルを超えないように、すなわち加速度がある許容値を超えないように速度を減速する。このように、経路の曲率に応じて速度を減速することにより、加速度を低減することが行われていた。

【0004】一方、レーザ加工機のように特に加工速度の速い工作機械においては、加工速度を高速に維持したまま工具経路の形状精度を向上させることが望まれている。そこで、一つの手段として、工具経路をできる限り滑らかに構成し、速度の急変を防ぐことによって、高精度の加工を可能とする方式がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、工具経路を滑らかにしたり、曲率の小さい区間で減速したりすることにより加速度の大きさを低減することはできるが、加速度の急激な変化がなくなるとは限らない。例えば、円弧の回転方向が逆転する場合がある。図7は加速度の変化の大きい移動経路の例を示す図である。この図では、左回りの円弧51から右回りの円弧52へと、移動経路が変化している。円弧51は、中心が点 $O_1$ 、半径が $r$ である。円弧52は、中心が点 $O_2$ 、半径が $r$ である。円弧51から円弧52への切り替わり点が点Pであり、点Pにおいても滑らかな経路が保たれている。

【0006】この場合、円弧51の終点における加速度ベクトル $a_1$ は、X軸の負の方向を向いている。一方、

円弧52の始点における加速度ベクトル $a_2$ は、X軸の正の方向を向いている。つまり、円弧51から円弧52へと切り替わり点Pにおいては、X軸の加速度の方向が $180^\circ$ 変化する。従って、加速度の大きさが許容範囲内であっても、方向が逆方向になることにより、急激に加速度が変化している。

【0007】加速度が急激に変化するということは、機械側からみるとモータの出す力を反転させることに他ならず、機械に大な衝撃を与える。この衝撃が加工精度の悪化を招く。従って、急激な加速度の変化は、可能な限り避けなければならない。

【0008】本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、加速度の変化を抑えた加工を行うことのできる数値制御装置を提供することを目的とする。また、本発明の他の目的は、加速度の変化を抑えた加工を実行させるための加工プログラムを作成することのできる自動プログラミング装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明では上記課題を解決するために、加工プログラムに従って工作機械を制御する数値制御装置において、加工形状を指令する加工プログラムを解釈する前処理演算手段と、工具経路の加速度を演算し、加速度の時間変化が予め設定されている値以上となる加速度変化点の有無を判定する加速度変化判定手段と、前記加速度変化点が検出された際には、前記加速度変化点における移動速度を減速させる速度指令手段と、前記速度指令手段の指令する速度で工具の移動を制御する移動制御手段と、を有することを特徴とする数値制御装置が提供される。

【0010】この数値制御装置によれば、前処理演算手段は、加工形状を指令する加工プログラムを解釈する。加速度変化判定手段は、工具経路の加速度を演算し、加速度の時間変化が予め設定されている値以上となる加速度変化点の有無を判定する。速度指令手段は、加速度変化点が検出された際には、加速度変化点における移動速度を減速させるように指令する。移動制御手段は、速度指令手段の指令する速度で工具の移動を制御する。

【0011】これにより、加速度の変化が急激になる位置では移動速度が減速され、実際の加工における加速度の変化を抑制することができる。また、数値制御装置に実行させるべき加工プログラムを作成する自動プログラミング装置において、加工形状を示すデータから加工経路を生成する加工経路生成手段と、前記加工経路から加速度を演算し、加速度の時間変化が予め設定されている値以上となる加速度変化点の有無を判定する加速度変化判定手段と、前記加速度変化点が検出された際には、前記加速度変化点における移動速度の指令データを、遅い速度に変更する速度指令データ変更手段と、前記加速度変化点の速度が、前記速度指令データ変更手段の指令する速度になるように速度データを設定し、加工プログラ

ムを作成する加工プログラム作成手段と、を有することを特徴とする自動プログラミング装置が提供される。

【0012】この自動プログラミング装置によれば、加工経路生成手段は、加工形状を示すデータから加工経路を生成する。加速度変化判定手段は、加工経路から加速度を演算し、加速度の時間変化が予め設定されている値以上となる加速度変化点の有無を判定する。速度指令データ変更手段は、加速度変化点が検出された際には、加速度変化点における移動速度の指令データを、低い速度に変更する。加工プログラム作成手段は、速度指令データ変更手段の指令する速度に従って加工プログラムを作成する。

【0013】これにより、急激な加速度の変化が発生しないような加工プログラムを作成することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。図1は本発明の数値制御装置の概略構成を示すブロック図である。加工形状1は、直線や円弧の複数のブロック（指令単位）に分けられており、加工プログラム2には、ブロック単位で形状や加工速度の指令が設定されている。数値制御装置3内の前処理演算手段3aは、加工プログラム2を解釈する。加速度変化判定手段3bは、予め加速度変化のしきい値が設定されており、各ブロックの継ぎ目の点における加速度の変化量が、しきい値を超えているか否かを判定する。

【0015】速度指令手段3cは、加速度の変化量がしきい値を超えていた場合には、ブロックの継ぎ目の点における指令速度を低下させる。移動制御手段3dは、加速度の変化量がしきい値を超えた点の速度が、速度指令手段3cからの指令速度となるように各移動軸への補間パルスを出力する。この補間パルスにより、サーボモータ4の回転が制御される。

【0016】これにより、加工プログラムの指令では加速度の変化が大きくなる場所において、移動速度が減速される。従って、実際に加工が実行される際の加速度の変化は少なくなる。

【0017】図2は、本発明の数値制御装置のハードウェアの概略構成を示すブロック図である。数値制御装置はプロセッサ11を中心に構成されている。プロセッサ11はROM12に格納されたシステムプログラムに従って数値制御装置全体を制御する。このROM12にはEPROMあるいはEEPROMが使用される。

【0018】RAM13にはSRAM等が使用され、一時的な計算データ、表示データ、入出力信号等が格納される。不揮発性メモリ14には図示されていないバッテリーによってバックアップされたCMOSが使用され、電源切断後も保持すべきパラメータ、加工プログラム、工具補正データ、ピッチ誤差補正データ等が記憶される。

【0019】CRT/MDIユニット20は、数値制御装置の前面あるいは機械操作盤と同じ位置に配置され、

データ及び図形の表示、データ入力、数値制御装置の運転に使用される。グラフィック制御回路21は数値データ及び図形データ等のデジタル信号を表示用のラスタ信号に変換し、表示装置22に送り、表示装置22はこれらの数値及び図形を表示する。表示装置22にはCRTあるいは液晶表示装置が使用される。

【0020】キーボード23は数値キー、シンボリックキー、文字キー及び機能キーから構成され、加工プログラムの作成、編集及び数値制御装置の運転に使用される。ソフトウェアキー24は表示装置22の下部に設けられ、その機能は表示装置に表示される。表示装置の画面が変化すれば、表示される機能に対応して、ソフトウェアキーの機能も変化する。

【0021】軸制御回路15はプロセッサ11からの軸の移動指令を受けて、軸の移動指令をサーボアンプ16に出力する。サーボアンプ16はこの移動指令を増幅し、工作機械30に結合されたサーボモータを駆動し、工作機械30の工具とワークの相対運動を制御する。なお、軸制御回路15及びサーボアンプ16はサーボモータの軸数に対応した数だけ設けられる。

【0022】PMC（プログラマブル・マシン・コントローラ）18はプロセッサ11からバス19経由でM（補助）機能信号、S（スピンドル速度制御）機能信号、T（工具選択）機能信号等を受け取る。そして、これらの信号をシーケンス・プログラムで処理して、出力信号を出力し、工作機械30内の空圧機器、油圧機器、電磁アクチュエータ等を制御する。また、工作機械30内の機械操作盤のボタン信号、スイッチ信号及びリミットスイッチ等の信号を受けて、シーケンス処理を行い、バス19を経由してプロセッサ11に必要な入力信号を転送する。

【0023】なお、図2ではスピンドルモータ制御回路及びスピンドルモータ用アンプ等は省略してある。また、上記の例ではプロセッサ11は1個で説明したが、複数のプロセッサを使用してマルチプロセッサ構成にすることもできる。

【0024】次に、上記のような数値制御装置を用いて、図7に示すような経路で加工を等速度で行う場合を例にとり、具体的に説明する。前提として、円弧51と円弧52の半径は、共に「 $r$ 」、移動速度は「 $v$ 」であるとする。また、この例は、直線形加減速（加減速時の加速度が一定の値「 $A$ 」である）を用いる。加速度の変化量のしきい値を「 $A_0$ 」とする。しきい値としては、例えば、直線形加減速（加速度「 $A$ 」）の方向が逆転したときの加速度の変化量「 $2A$ 」を設定する。つまり、加速度「 $A$ 」の範囲内であれば、方向が逆転しても許容範囲とする。

【0025】このような条件において、図7のような円弧51、51の移動が加工プログラムにより指令された場合には、まず、経路中に生じる加速度を求める。円弧

移動の加速度は、大きさは「 $v^2/r$ 」で求められる。また、加速度の方向は、円弧の中心方向である。従って、円弧51の終点における加速度 $a_1$ は、方向がX軸の負の方向であり、円弧52の始点における加速度 $a_2$ は、方向がX軸の正の方向である。

【0026】従って、2つの円弧の継ぎ目の点Pにおける加速度の変化量は、

【0027】

【数1】

$$|a_2 - a_1| = (v^2/r) - (-v^2/r) \\ = 2(v^2/r) \dots\dots\dots (1)$$

で表される。そして、この加速度の変化量をしきい値「 $A_0$ 」と比較する。その結果、しきい値「 $A_0$ 」よりも加速度の変化量のほうが大きければ、点Pにおける速度を減速する。

【0028】減速時の目標速度「 $F$ 」を概略的にもとめると、

【0029】

$$【数2】 2A = 2F^2/r \dots\dots\dots (2)$$

から、

【0030】

$$【数3】 F = (Ar)^{1/2} \dots\dots\dots (3)$$

とすることができる。従って、円弧51の終点に近づくと加速度「 $-A$ 」で減速し、継ぎ目の点Pでは速度が「 $F$ 」となる。そして、円弧52の経路にはいると加速度「 $A$ 」で、もとの指令速度まで加速する。

【0031】図3は移動経路の法線方向と接線方向との加速度の変化を示す図である。この図は、横軸を時間、縦軸を加速度として、加速度の変化量を抑制した場合と抑制しない場合とを比較している。法線方向の加速度は、進行方向の左側を正とし、進行方向の右側を負とする。接線方向の加速度は、進行方向の前方を正とし、進行方向の後方を負とする。

【0032】（A）は加速度の変化量を抑制しない場合を示している。加速度の変化量を抑制しない場合には、継ぎ目の点Pにおいて法線方向の加速度 $a_n$ が急激に変化している。なお、移動速度は一定であるため、接線方向の加速度 $a_t$ は常に「0」である。

【0033】（B）は加速度の変化量を抑制した場合を示している。加速度の変化量を抑制した場合には、円弧51の移動が終点に近づくと、接線方向の加速度 $a_t$ は、負の方向に生じる。つまり工具の移動速度が減速される。この結果、法線方向の加速度 $a_n$ は減少する。点Pにおいて、接線方向の加速度 $a_t$ が正の方向に切り替わる。同時に法線方向の加速度 $a_n$ が負に切り替わる。この時、移動速度が低速になっているため、（A）の場合と比較して、加速度の切り替わり時の変化量は小さい。

【0034】円弧52の移動経路に入り、接線方向は、速度が指令速度に達するまで加速し続ける。一方、法線

方向の加速度も大きくなり、工具の移動速度が指令速度に達した時点で一定の加速度となる。

【0035】このように、ブロックの継ぎ目の点において移動速度を減速することにより、加速度の変化量を低く抑えることが可能となる。図4はX軸方向とY軸方向との加速度の変化を示す図である。この図は、横軸を時間、縦軸を加速度として、加速度の変化量を抑制した場合と抑制しない場合とを比較している。

【0036】(A)は加速度の変化量を抑制しない場合を示している。円弧51移動をしている間は、X軸の加速度 $a_x$ 、Y軸の加速度 $a_y$ 、共に正弦曲線を描いている。ところが、点PにおいてX軸の加速度 $a_x$ の正負が逆転している。従って、X軸方向に加速度の急激な変化が発生している。

【0037】(B)は加速度の変化量を抑制した場合を示している。円弧51の終点付近で移動速度が減少すると、X軸の加速度 $a_x$ 、Y軸の加速度 $a_y$ 共に減少する。そして、ブロックの継ぎ目の点における加速度の変化量も小さくなる。

【0038】ところで、上記の例では直線形加減速の場合を説明したが、ベル形加減速を用いることもできる。図5はベル形加減速を用いて加速度の変化量を抑制した場合の加速度の変化を示す図である。この図は、横軸を時間、縦軸を加速度として、法線方向の加速度 $a_n$ と接線方向の加速度 $a_t$ とを比較している。法線方向の加速度 $a_n$ は、進行方向の左側を正とし、進行方向の右側を負とする。接線方向の加速度 $a_t$ は、進行方向の前方を正とし、進行方向の後方を負とする。

【0039】円弧51の移動が終点に近づくと、接線方向の負の方向に加速度が生じる。この加速はベル形加減速であるため、加速度は少しずつ大きくなり、点P付近で少しずつ小さくなる。接線方向の加速度 $a_t$ が正の方向に切り替わる。

【0040】このようにベル形加減速を用いることにより、接線方向の加速度 $a_t$ の変化も緩やかにすることが可能となる。以上の説明のように、円弧の回転方向が逆転する場合であっても、加速度の変化を低減することが可能となる。これにより、機械に与えられる衝撃が小さくなる。従って、振動によって加工形状が乱れたり、モータに過大な力が要求され制御が不安定になることがなくなる。その結果、高速で高精度な加工を実現することができる。

【0041】なお、加速度変化の大きな点で速度を減速するかどうかを、加工プログラムのブロック単位で指定することもできる。高精度の加工が必要な場所をブロック単位で指定することにより、あまり高精度を要求されない箇所では速度を落とさずにすみ、加工時間を短縮することができる。

【0042】また、上記のように加速度の急激な変化を抑制するような加工プログラムを、自動プログラミング

装置で作成することもできる。図6は本発明の自動プログラミング装置の概略構成を示すブロック図である。自動プログラミング装置6において、加工経路生成手段6aは加工形状データ5が入力されると、その形状を加工するための加工経路を求める。加速度変化判定手段6bは、加工経路における加速度を算出し、ブロックの継ぎ目の点における加速度の変化量が、予め設定されているしきい値よりも大きいかな否かを判別する。

【0043】速度指令データ変更手段6cは、加速度の変化量がしきい値よりも大きいと判断された際には、その点における速度指令データを変更し速度を低下させる。加工プログラム作成手段6dは、加速度の変化量がしきい値よりも大きいと判断された点の速度が、速度指令データ変更手段6cにより指令された速度になるように加工プログラム7を作成する。

【0044】この加工プログラム7を数値制御装置8で実行し、工作機械のサーボモータ9を制御することにより、加速度の急激な変化を抑制した加工を実行することが可能となる。なお、加工プログラムを作成する際には、どのブロックにおいて加速度の急激な変化を抑える制御を実行するかを任意に指定することもできる。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように本発明では、加速度の変化が所定の値より大きな位置を検出し、その位置における移動速度を減速するようにしたため、円弧の回転方向が逆転する場合であっても、急激に加速度が変化することがなくなり、機械に与えられる衝撃が小さくなる。その結果、高速で高精度な加工を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の数値制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の数値制御装置のハードウェアの概略構成を示すブロック図である。

【図3】移動経路の法線方向と接線方向との加速度の変化を示す図である。

【図4】X軸方向とY軸方向との加速度の変化を示す図である。

【図5】ベル形加減速を用いて加速度の変化量を抑制した場合の加速度の変化を示す図である。

【図6】本発明の自動プログラミング装置の概略構成を示すブロック図である。

【図7】加速度の変化の大きい移動経路の例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 加工形状
- 2 加工プログラム
- 3 数値制御装置
- 3a 前処理演算手段
- 3b 加速度変化判定手段

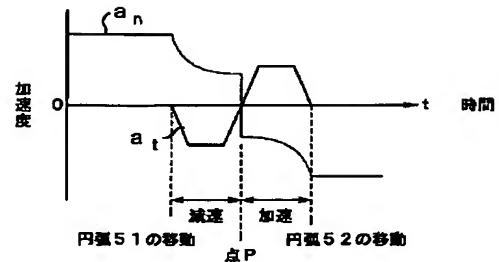
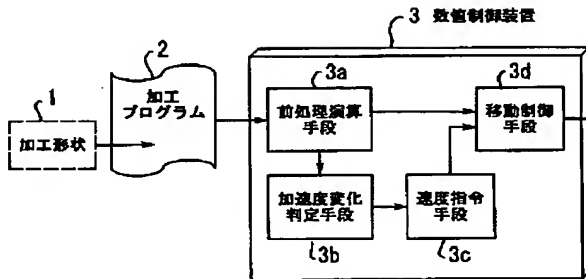
3c 速度指令手段  
3d 移動制御手段

\* 4 モータ

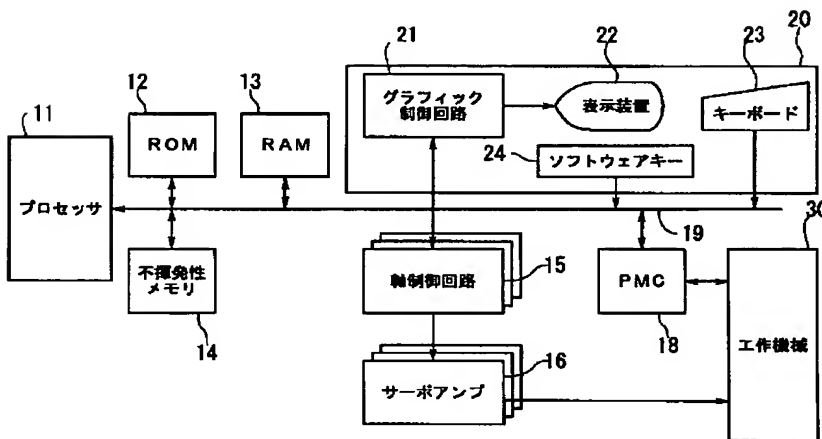
\*

【図1】

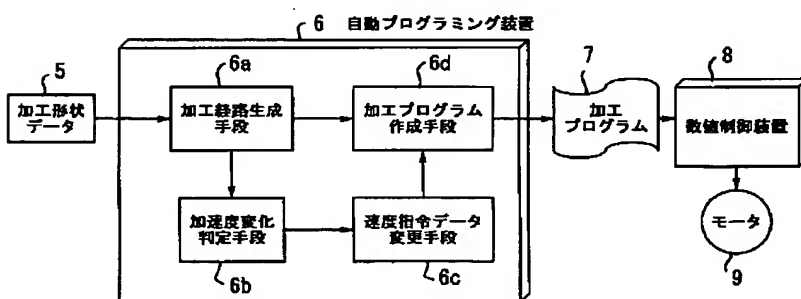
【図5】



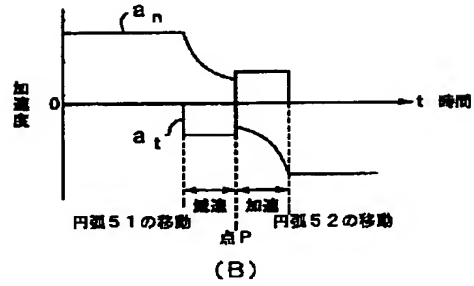
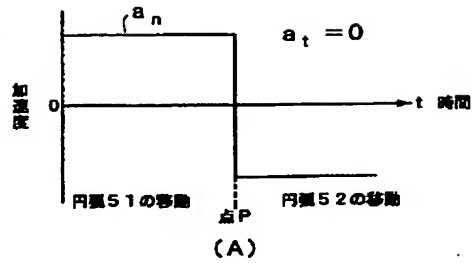
【図2】



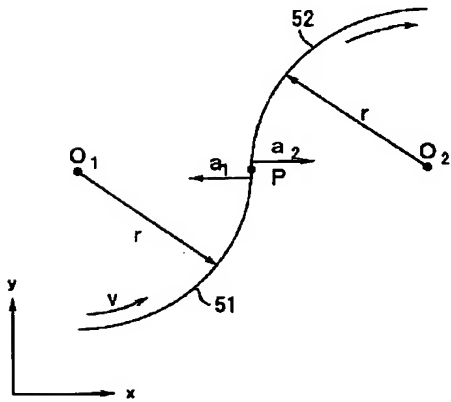
【図6】



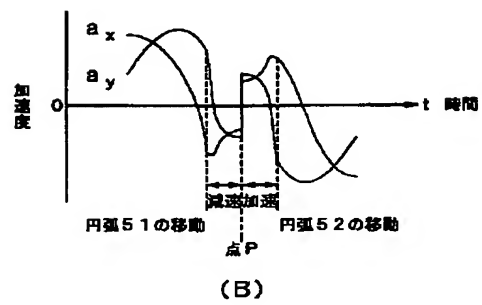
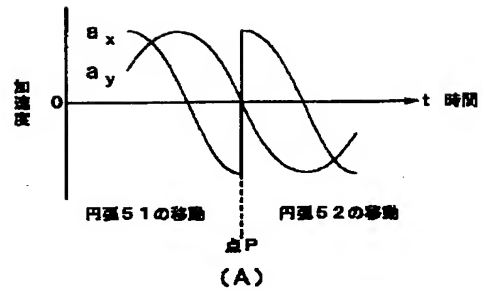
【図3】



【図7】



【図4】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第6部門第3区分  
 【発行日】平成14年9月27日(2002.9.27)

【公開番号】特開平9-101814  
 【公開日】平成9年4月15日(1997.4.15)  
 【年通号数】公開特許公報9-1019  
 【出願番号】特願平7-259862  
 【国際特許分類第7版】

G05B 19/416  
 B23K 26/00

【FI】

G05B 19/407 Q  
 B23K 26/00 M

【手続補正書】

【提出日】平成14年7月2日(2002.7.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】 明細書

【発明の名称】 数値制御装置及び自動プログラミング装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工プログラムに従って工作機械を制御する数値制御装置において、加工形状を指令する加工プログラムを解釈する前処理演算手段と、工具経路の加速度ベクトルを演算し、加速度ベクトルの時間変化が予め設定されている値以上となる加速度ベクトル変化点の有無を判定する加速度ベクトル変化判定手段と、前記加速度ベクトル変化点が発出された際には、前記加速度ベクトル変化点における移動速度を減速させる速度指令手段と、前記速度指令手段の指令する速度で工具の移動を制御する移動制御手段と、を有することを特徴とする数値制御装置。

【請求項2】 前記加速度ベクトル変化判定手段は、工具経路の指令単位の継ぎ目における加速度ベクトルの時間変化を判定することを特徴とする請求項1記載の数値制御装置。

【請求項3】 前記移動制御手段は、工具経路を教示することにより前記加工プログラムが作成されており、教示の際に、加速度ベクトル変化点における移動速度の減速を行う旨の指令がなされていた場合にのみ、前記加速度ベクトル変化点における移動速度の減速を行うことを特徴とする請求項1記載の数値制御装置。

【請求項4】 前記速度指令手段は、隣接する工具経路の終点と始点が同一接線を有するように構成されている場合には、減速前の速度、減速に使用する加速度、及び

経路の曲率から減速時の目標速度を算出することを特徴とする請求項1記載の数値制御装置。

【請求項5】 数値制御装置に実行させるべき加工プログラムを作成する自動プログラミング装置において、加工形状を示すデータから加工経路を生成する加工経路生成手段と、前記加工経路から加速度ベクトルを演算し、加速度ベクトルの時間変化が予め設定されている値以上となる加速度ベクトル変化点の有無を判定する加速度ベクトル変化判定手段と、前記加速度ベクトル変化点が発出された際には、前記加速度ベクトル変化点における移動速度の指令データを、遅い速度に変更する速度指令データ変更手段と、前記加速度ベクトル変化点の速度が、前記速度指令データ変更手段の指令する速度になるように速度データを設定し、加工プログラムを作成する加工プログラム作成手段と、を有することを特徴とする自動プログラミング装置。

【請求項6】 前記加速度ベクトル変化判定手段は、工具経路の指令単位の継ぎ目における、加速度ベクトルの時間変化を判定することを特徴とする請求項5記載の自動プログラミング装置。

【請求項7】 前記加工プログラム作成手段は、加速度ベクトル変化点における移動速度の減速を行う旨の指令がなされている場合にのみ、前記加速度ベクトル変化点の速度が、前記速度指令データ変更手段の指令する速度になるように速度データを設定することを特徴とする請求項5記載の自動プログラミング装置。

【請求項8】 前記速度指令データ変更手段は、隣接する工具経路の終点と始点が同一接線を有するように構成されている場合には、減速前の速度、減速に使用する加速度、及び経路の曲率から減速時の目標速度を算出することを特徴とする請求項5記載の自動プログラミング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】



【発明の属する技術分野】本発明は加工プログラムに従って工作機械を制御する数値制御装置及び加工プログラムを作成する自動プログラミング装置に関し、特に高速の加工を行う工作機械を制御する数値制御装置及び高速加工のための加工プログラムを作成する自動プログラミング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】高速に駆動される工作機械においては、工具経路の精度を保つために種々の技術が開発されている。その中で、加速度の大きさを抑えるために移動速度を減速する技術がある。

【0003】工作機械の工具が高速に移動する場合に、その経路が急激に変化する場所において、機械を駆動する動力装置に大きな出力、つまり力が要求される。動力装置に大きな力が加わると機械に衝撃を与えられ、その結果として目的とする加工形状に誤差を生じる。このため、経路が急激に変化したり、小さな円弧となる場合は、軸ごとの速度変化が一定レベルを超えないように、すなわち加速度がある許容値を超えないように速度を減速する。このように、経路の曲率に応じて速度を減速することにより、加速度を低減することが行われていた。

【0004】一方、レーザ加工機のように特に加工速度の速い工作機械においては、加工速度を高速に維持したまま工具経路の形状精度を向上させることが望まれている。そこで、一つ的手段として、工具経路をできる限り滑らかに構成し、速度の急変を防ぐことによって、高速高精度の加工を可能とする方式がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、工具経路を滑らかにしたり、曲率の小さい区間で減速したりすることにより加速度の大きさを低減することはできるが、加速度ベクトルの急激な変化がなくなるとは限らない。例えば、円弧の回転方向が逆転する場合がある。図7は加速度ベクトルの変化の大きい移動経路の例を示す図である。この図では、左回りの円弧51から右回りの円弧52へと、移動経路が変化している。円弧51は、中心が点 $O_1$ 、半径が $r$ である。円弧52は、中心が点 $O_2$ 、半径が $r$ である。円弧51から円弧52への切り替わり点が点 $P$ であり、点 $P$ においても滑らかな経路が保たれている。

【0006】この場合、円弧51の終点における加速度ベクトル $a_1$ は、X軸の負の方向を向いている。一方、円弧52の始点における加速度ベクトル $a_2$ は、X軸の正の方向を向いている。つまり、円弧51から円弧52へと切り替わる点 $P$ においては、X軸の加速度ベクトルの方向が $180^\circ$ 変化する。従って、加速度の大きさが許容範囲内であっても、方向が逆方向になることにより、急激に加速度ベクトルが変化している。

【0007】加速度ベクトルが急激に変化するというこ

とは、機械側からみるとモータの出す力を反転させることに他ならず、機械に大な衝撃を与える。この衝撃が加工精度の悪化を招く。従って、急激な加速度ベクトルの変化は、可能な限り避けなければならない。

【0008】本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、加速度ベクトルの変化を抑えた加工を行うことのできる数値制御装置を提供することを目的とする。また、本発明の他の目的は、加速度ベクトルの変化を抑えた加工を実行させるための加工プログラムを作成することのできる自動プログラミング装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明では上記課題を解決するために、加工プログラムに従って工作機械を制御する数値制御装置において、加工形状を指令する加工プログラムを解釈する前処理演算手段と、工具経路の加速度ベクトルを演算し、加速度ベクトルの時間変化が予め設定されている値以上となる加速度ベクトル変化点の有無を判定する加速度ベクトル変化判定手段と、前記加速度ベクトル変化点が検出された際には、前記加速度ベクトル変化点における移動速度を減速させる速度指令手段と、前記速度指令手段の指令する速度で工具の移動を制御する移動制御手段と、を有することを特徴とする数値制御装置が提供される。

【0010】この数値制御装置によれば、前処理演算手段は、加工形状を指令する加工プログラムを解釈する。加速度ベクトル変化判定手段は、工具経路の加速度ベクトルを演算し、加速度ベクトルの時間変化が予め設定されている値以上となる加速度ベクトル変化点の有無を判定する。速度指令手段は、加速度ベクトル変化点が検出された際には、加速度ベクトル変化点における移動速度を減速させるように指令する。移動制御手段は、速度指令手段の指令する速度で工具の移動を制御する。

【0011】これにより、加速度ベクトルの変化が急激になる位置では移動速度が減速され、実際の加工における加速度ベクトルの変化を抑制することができる。また、数値制御装置に実行させるべき加工プログラムを作成する自動プログラミング装置において、加工形状を示すデータから加工経路を生成する加工経路生成手段と、前記加工経路から加速度ベクトルを演算し、加速度ベクトルの時間変化を予め設定されている値以上となる加速度ベクトル変化点の有無を判定する加速度ベクトル変化判定手段と、前記加速度ベクトル変化点が検出された際には、前記加速度ベクトル変化点における移動速度の指令データを、遅い速度に変更する速度指令データ変更手段と、前記加速度ベクトル変化点の速度が、前記速度指令データ変更手段の指令する速度になるように速度データを設定し、加工プログラムを作成する加工プログラム作成手段と、を有することを特徴とする自動プログラミング装置が提供される。

【0012】この自動プログラミング装置によれば、加工経路生成手段は、加工形状を示すデータから加工経路を生成する。加速度ベクトル変化判定手段は、加工経路から加速度ベクトルを演算し、加速度ベクトルの時間変化が予め設定されている値以上となる加速度ベクトル変化点の有無を判定する。速度指令データ変更手段は、加速度ベクトル変化点が検出された際には、加速度ベクトル変化点における移動速度の指令データを、低い速度に変更する。加工プログラム作成手段は、速度指令データ変更手段の指令する速度に従って加工プログラムを作成する。

【0013】これにより、急激な加速度ベクトルの変化が発生しないような加工プログラムを作成することができ。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。図1は本発明の数値制御装置の概略構成を示すブロック図である。加工形状1は、直線や円弧の複数のブロック（指令単位）に分けられており、加工プログラム2には、ブロック単位で形状や加工速度の指令が設定されている。数値制御装置3内に前処理演算手段3aは、加工プログラム2を解読する。加速度ベクトル変化判定手段3bは、予め加速度ベクトル変化のしきい値が設定されており、各ブロックの継ぎ目の点における加速度ベクトルの変化量が、しきい値を超えているか否かを判定する。

【0015】速度指令手段3cは、加速度ベクトルの変化量がしきい値を超えていた場合には、ブロックの継ぎ目の点における指令速度を低下させる。移動制御手段3dは、加速度ベクトルの変化量がしきい値を超えた点の速度が、速度指令手段3cからの指令速度となるように各移動軸への補間パルスを出力する。この補間パルスにより、サーボモータ4の回転が制御される。

【0016】これにより、加工プログラムの指令では加速度ベクトルの変化が大きくなる場所において、移動速度が減速される。従って、実際に加工が実行される際の加速度ベクトルの変化は少なくなる。

【0017】図2は、本発明の数値制御装置のハードウェアの概略構成を示すブロック図である。数値制御装置はプロセッサ11を中心に構成されている。プロセッサ11はROM12に格納されたシステムプログラムに従って数値制御装置全体を制御する。このROM12にはEPROMあるいはEEPROMが使用される。

【0018】RAM13にはSRAM等が使用され、一時的な計算データ、表示データ、入出力信号等が格納される。不揮発性メモリ14には図示されていないバッテリーによってバックアップされたCMOSが使用され、電源切断後も保持すべきパラメータ、加工プログラム、工具補正データ、ピッチ誤差補正データ等が記憶される。

【0019】CRT/MDIユニット20は、数値制御

装置の前面あるいは機械操作盤と同じ位置に配置され、データ及び図形の表示、データ入力、数値制御装置の運転に使用される。グラフィック制御回路21は数値データ及び図形データ等のデジタル信号を表示用のラスタ信号に変換し、表示装置22に送り、表示装置22はこれらの数値及び図形を表示する。表示装置22にはCRTあるいは液晶表示装置が使用される。

【0020】キーボード23は数値キー、シンボリックキー、文字キー及び機能キーから構成され、加工プログラムの作成、編集及び数値制御装置の運転に使用される。ソフトウェアキー24は表示装置22の下部に設けられ、その機能は表示装置に表示される。表示装置の画面が変化すれば、表示される機能に対応して、ソフトウェアキーの機能も変化する。

【0021】軸制御回路15はプロセッサ11からの軸の移動指令を受けて、軸の移動指令をサーボアンプ16に出力する。サーボアンプ16はこの移動指令を増幅し、工作機械30に結合されたサーボモータを駆動し、工作機械30の工具とワークの相対運動を制御する。なお、軸制御回路15及びサーボアンプ16はサーボモータの軸数に対応した数だけ設けられる。

【0022】PMC（プログラマブル・マシン・コントローラ）18はプロセッサ11からバス19経由でM（補助）機能信号、S（スピンドル速度制御）機能信号、T（工具選択）機能信号等を受け取る。そして、これらの信号をシーケンス・プログラムで処理して、出力信号を出力し、工作機械30内の空圧機器、油圧機器、電磁アクチュエータ等を制御する。また、工作機械30内の機械操作盤のボタン信号、スイッチ信号及びリミットスイッチ等の信号を受けて、シーケンス処理を行い、バス19を経由してプロセッサ11に必要な入力信号を転送する。

【0023】なお、図2ではスピンドルモータ制御回路及びスピンドルモータ用アンプ等は省略してある。また、上記の例ではプロセッサ11は1個で説明したが、複数のプロセッサを使用してマルチプロセッサ構成にすることもできる。

【0024】次に、上記のような数値制御装置を用いて、図7に示すような経路で加工を等速度で行う場合を例にとり、具体的に説明する。前提として、円弧51と円弧52の半径は、共に「r」、移動速度は「v」であるとする。また、この例は、直線形加減速（加減速時の加速度が一定の値「A」である）を用いる。加速度ベクトルの変化量のしきい値を「A。」とする。しきい値としては、例えば、直線形加減速（加速度「A」）の方向が逆転したときの加速度ベクトルの変化量「2A」を設定する。つまり、加速度「A」の範囲内であれば、方向が逆転しても許容範囲とする。

【0025】このような条件において、図7のような円弧51、52の移動が加工プログラムにより指令された

場合には、まず、経路中に生じる加速度ベクトルを求める。円弧移動の加速度ベクトルは、大きさは「 $v^2 / r$ 」で求められる。また、加速度ベクトルの方向は、円弧の中心方向である。従って、円弧51の終点における加速度ベクトル $a_1$ は、方向がX軸の負の方向であり、円弧52の始点における加速度ベクトル $a_2$ は、方向がX軸の正の方向である。

【0026】従って、2つの円弧の継ぎ目の点Pにおける加速度ベクトルの変化量は、

【0027】

【数1】

$$|a_2 - a_1| = (v^2 / r) - (-v^2 / r) \\ = 2(v^2 / r) \\ \dots\dots (1)$$

で表される。そして、この加速度ベクトルの変化量をしきい値「 $A_0$ 」と比較する。その結果、しきい値「 $A_0$ 」よりも加速度ベクトルの変化量のほうが大きければ、点Pにおける速度を減速する。

【0028】減速時の目標速度「 $F$ 」を概略的にもとめると、

【0029】

$$【数2】 2A = 2F^2 / r \quad \dots\dots (2)$$

から、

【0030】

$$【数3】 F = (Ar)^{1/2} \quad \dots\dots (3)$$

とすることができる。従って、円弧51の終点に近づくと加速度ベクトル「 $-A$ 」で減速し、継ぎ目の点Pでは速度が「 $F$ 」となる。そして、円弧52の経路にはいると加速度ベクトル「 $A$ 」で、もとの指令速度まで加速する。

【0031】図3は移動経路の法線方向と接線方向との加速度ベクトルの変化を示す図である。この図は、横軸を時間、縦軸を加速度として、加速度ベクトルの変化量を抑制した場合と抑制しない場合とを比較している。法線方向の加速度ベクトルは、進行方向の左側を正とし、進行方向の右側を負とする。接線方向の加速度ベクトルは、進行方向の前方を正とし、進行方向の後方を負とする。

【0032】(A)は加速度ベクトルの変化量を抑制しない場合を示している。加速度ベクトルの変化量を抑制しない場合には、継ぎ目の点Pにおいて法線方向の加速度ベクトル $a_n$ が急激に変化している。なお、移動速度は一定であるため、接線方向の加速度ベクトル $a_t$ は常に「0」である。

【0033】(B)は加速度ベクトルの変化量を抑制した場合を示している。加速度ベクトルの変化量を抑制した場合には、円弧51の移動が終点に近づくと、接線方向の加速度ベクトル $a_t$ は、負の方向に生じる。つまり工具の移動速度が減速される。この結果、法線方向の加速度ベクトル $a_n$ は減少する。点Pにおいて、接線方向

の加速度ベクトル $a_t$ が正の方向に切り替わる。同時に法線方向の加速度ベクトル $a_n$ が負に切り替わる。この時、移動速度が低速になっているため、(A)の場合と比較して、加速度ベクトルの切り替わり時の変化量は小さい。

【0034】円弧52の移動経路に入り、接線方向は、速度が指令速度に達するまでに加速し続ける。一方、法線方向の加速度ベクトルも大きくなり、工具の移動速度が指令速度に達した時点で一定の加速度ベクトルとなる。

【0035】このような、ブロックの継ぎ目の点において移動速度を減速することにより、加速度ベクトルの変化量を低く抑えることが可能となる。図4はX軸方向とY軸方向との加速度ベクトルの変化を示す図である。この図は、横軸を時間、縦軸を加速度として、加速度ベクトルの変化量を抑制した場合と抑制しない場合とを比較している。

【0036】(A)は加速度ベクトルの変化量を抑制しない場合を示している。円弧51移動をしている間は、X軸の加速度ベクトル $a_x$ 、Y軸の加速度ベクトル $a_y$ 共に正弦曲線を描いている。ところが、点PにおいてX軸の加速度ベクトル $a_x$ の正負が逆転している。従って、X軸方向に加速度ベクトルの急激な変化が発生している。

【0037】(B)は加速度ベクトルの変化量を抑制した場合を示している。円弧51の終点付近で移動速度が減少すると、X軸の加速度ベクトル $a_x$ 、Y軸の加速度ベクトル $a_y$ 共に減少する。そして、ブロックの継ぎ目の点における加速度ベクトルの変化量も小さくなる。

【0038】ところで、上記の例では直線形加減速の場合を説明したが、ベル形加減速を用いることもできる。図5はベル形加減速を用いて加速度ベクトルの変化量を抑制した場合の加速度ベクトルの変化を示す図である。この図は、横軸を時間、縦軸を加速度として、法線方向の加速度ベクトル $a_n$ と接線方向の加速度ベクトル $a_t$ とを比較している。法線方向の加速度ベクトル $a_n$ は、進行方向の左側を正とし、進行方向の右側を負とする。接線方向の加速度ベクトル $a_t$ は、進行方向の前方を正とし、進行方向の後方を負とする。

【0039】円弧51の移動が終点に近づくと、接線方向の負の方向に加速度ベクトルが生じる。この加速はベル形加減速であるため、加速度ベクトルは少しずつ大きくなり、点P付近で少しずつ小さくなる。接線方向の加速度ベクトル $a_t$ が正の方向に切り替わる。

【0040】このようにベル形加減速を用いることにより、接線方向の加速度ベクトル $a_t$ の変化も緩やかにすることができる。以上の説明のように、円弧の回転方向が逆転する場合であっても、加速度ベクトルの変化を低減することが可能となる。これにより、機械に与えられる衝撃が小さくなる。従って、振動によって加工形状が

乱れたり、モータに過大な力が要求され制御が不安定になることがなくなる。その結果、高速で高精度な加工を実現することができる。

【0041】なお、加速度ベクトル変化の大きな点で速度を減速するかどうかを、加工プログラムのブロック単位で指定することもできる。高精度の加工が必要な場所をブロック単位で指定することにより、あまり高精度を要求されない箇所では速度を落とさずにすみ、加工時間を短縮することができる。

【0042】また、上記のように加速度ベクトルの急激な変化を抑制するような加工プログラムを、自動プログラミング装置で作成することもできる。図6は本発明の自動プログラミング装置の概略構成を示すブロック図である。自動プログラミング装置6において、加工経路生成手段6aは加工形状データ5が入力されると、その形状を加工するための加工経路を求める。加速度ベクトル変化判定手段6bは、加工経路における加速度ベクトルを算出し、ブロックの継ぎ目の点における加速度ベクトルの変化量が、予め設定されているしきい値よりも大きいか否かを判断する。

【0043】速度指令データ変更手段6cは、加速度ベクトルの変化量がしきい値よりも大きいと判断された際には、その点における速度指令データを変更し速度を低下させる。加工プログラム作成手段6dは、加速度ベクトルの変化量がしきい値よりも大きいと判断された点の速度が、速度指令データ変更手段6cにより指令された速度になるように加工プログラム7を作成する。

【0044】この加工プログラム7を数値制御装置8で実行し、工作機械のサーボモータ9を制御することにより、加速度ベクトルの急激な変化を抑制した加工を実行することが可能となる。なお、加工プログラムを作成する際には、どのブロックにおいて加速度の急激な変化を抑える制御を実行するのかを任意に指定することもできる。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように本発明では、加速度ベクトルの変化が所定の値より大きな位置を検出し、そ

の位置における移動速度を減速するようにしたため、円弧の回転方向が逆転する場合であっても、急激に加速度ベクトルが変化することがなくなり、機械に与えられる衝撃が小さくなる。その結果、高速で高精度な加工を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の数値制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の数値制御装置のハードウェアの概略構成を示すブロック図である。

【図3】移動経路の法線方向と接線方向との加速度ベクトルの変化を示す図である。

【図4】X軸方向とY軸方向との加速度ベクトルの変化を示す図である。

【図5】ベル形加減速を用いて加速度ベクトルの変化量を抑制した場合の加速度ベクトルの変化を示す図である。

【図6】本発明の自動プログラミング装置の概略構成を示すブロック図である。

【図7】加速度ベクトルの変化の大きい移動経路の例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 加工形状
- 2 加工プログラム
- 3 数値制御装置
- 3a 前処理演算手段
- 3b 加速度ベクトル変化判定手段
- 3c 速度指令手段
- 3d 移動制御手段
- 4 モータ

【手続補正2】

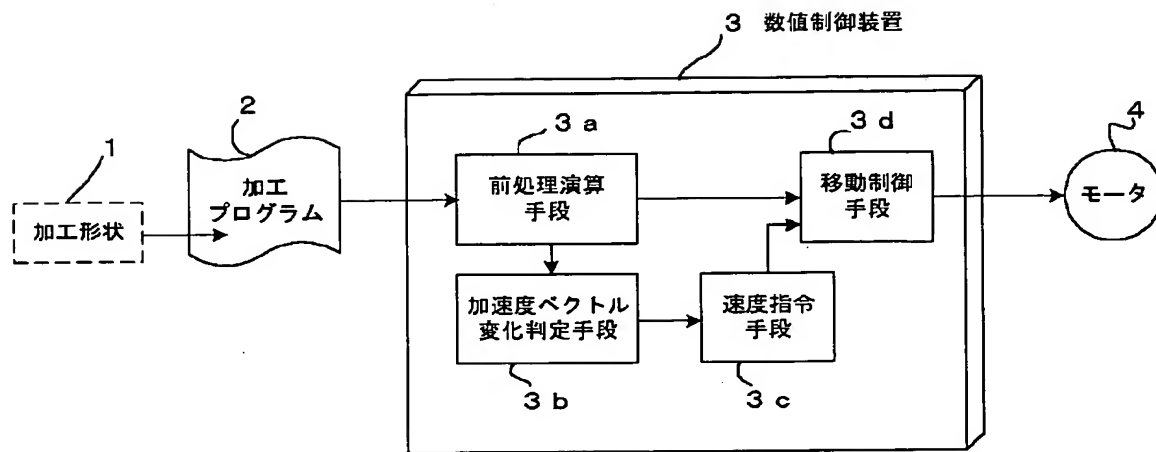
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

【補正方法】変更

【補正内容】

【図1】



【手続補正3】  
 【補正対象書類名】図面  
 【補正対象項目名】図6  
 【補正方法】変更  
 【補正内容】  
 【図6】

